

**Компьютеризированные системы поддержки операторов АЭС
(Психологические проблемы).**

Машин В.А.

Нововоронежский учебно-тренировочный центр подготовки специалистов для АЭС, г. Нововоронеж

С общих позиций безопасности эксплуатации АЭС рассмотрены психологические проблемы, которые возникают при разработке и приложении компьютеризированных систем поддержки операторов на БЩУ АЭС, и возможные негативные последствия при игнорировании этих проблем. Центральное внимание уделяется активным формам операторской деятельности и способам сохранения функций принятия решения за оператором в условиях автоматизированного управления АЭС. Отмечается важность на этапах разработки систем поддержки определить область компетенции человека и автоматики и предусмотреть в проектах условия компенсации перераспределения части задач от оператора к автоматизированным системам.

Support computer systems of operators NPP. (Psychological problems.)

Mashin V.A.

Electric plants, 1995, No 7, p. 2-7.

Novovoronezh Nuclear Power Station Personnel Training Center, Novovoronezh, Voronezh oblast, 396072, Russia

With the general positions of safety of exploitation and management NPP the psychological problems, which appear at development and application the support computer systems of operators on NPP and possible negative consequences when disregarding these problems are considered. The active forms of operator activity and ways of maintenance of functions a decision making for operators in conditions of automaticed management NPP are received the central attention. The importance in development stages of of support systems to define the areas of operator competency and automation competency and provide in projects the conditions for compensation of redistribution the part of problems from operator to automaticed systems is noted.

Применение компьютеризированных систем поддержки операторов (КСПО) в управлении АЭС, призванных повысить общий уровень безопасности станций, требует от разработчиков решения принципиальной проблемы - определения круга полномочий (уровня компетентности) человека-оператора в автоматизированной системе эксплуатации АЭС.

В своей статье [1] мы подробно проанализировали два уровня человеческого поведения, два уровня психической регуляции оперативных действий. Первый ("реактивный" - пассивно реагирующий) основывается на фиксации знаний, умений, навыков. Усвоенные однажды способы управления превращаются в набор шаблонов, штампов, стереотипов, лишь слегка варьируемых в

незначительных деталях. Операторы с данным уровнем психической регуляции во время аварийной ситуации в независимости от конкретных условий "действуют по инструкции", либо стараются заручиться "советом" руководства и уйти от самостоятельного решения. Второй уровень человеческого поведения ("активный" - творческий) имеет противоположную направленность. Операторы с активными формами психической регуляции действуют сообразно реальной аварийной ситуации и объективным условиям, руководствуясь своим опытом и знаниями. Для личностных уровней психической регуляции поведения наиболее органична ломка старых форм, активное движение к качественно новым задачам и решениям, которые потребуют от субъекта и качественно новых знаний, умений, навыков, а соответственно, и нового уровня активности.

Существующие тенденции в создании КСПО, базирующиеся на принципах искусственного интеллекта, осознано или неосознано ориентируются на оператора с пассивным уровнем психической регуляции. Важно и то, что концепции КСПО АЭС в том виде, в котором они представлены на сегодняшний день в отечественных разработках, не только ориентированы на "пассивного" оператора, но и активно порождают пассивность профессионала в процессе взаимодействия с вычислительной машиной, превращая его в придаток компьютерной системы. Перечислим же те факторы, которые играют в этом ведущую роль:

1. КСПО для оператора выступает как наукоемкий и высокотехнический продукт, творцом которого является мощный коллектив разработчиков, включающий в себя высококлассных специалистов-экспертов в данной области. Единичному и потому ограниченному "человеческому разуму" противопоставляется "коллективный разум" с ореолом безошибочности или минимальной вероятности ошибки.

2. Огромное воздействие на оператора эффекта вычислительной машины (экспертной системы с элементами искусственного интеллекта) выражается в наделении ЭВМ "сверхвозможностями". Как показали многочисленные исследования, взаимодействие человека - неспециалиста в области компьютерной техники с вычислительными машинами, несомненно, намного больше зависит от того, какими свойствами эта техника наделяется, чем от того, какими свойствами она в действительности обладает или что она может и чего не может делать (аналогично воздействию знахарей, колдунов, экстрасенсов).

3. В условиях стрессовой, эмоционально окрашенной ситуации, в ситуации, когда время ограничено и требуется принятие ответственного решения, имеющего исключительное значение для атомной станции, влияние перечисленных выше моментов резко возрастает, что приводит к "делегированию" ответственности от оператора к КСПО.

4. С перераспределением ответственности за принятие решений по управлению АЭС от оператора к КСПО, происходит усиление негативных процессов, обусловленных объективным снижением активности оператора в ходе его длительной профессионализации в одной должности (см. [1]).

5. С передачей основных функций контроля за состоянием оборудования и технологических процессов на АЭС системам поддержки оператора, отрицательное влияние монотонии на деятельность оператора не только не уменьшается, но и в значительной мере возрастает.

При чтении различных концепций КСПО можно натолкнуться на достаточно расплывчатую формулировку о "рекомендательном" характере советов КСПО - оператор в праве воспользоваться или не воспользоваться ими. Указанные выше факторы ставят под сомнение данное положение. Мощное воздействие компьютерной системы на человека, формирование психологической установки на доверие к ее информации и рекомендациям, ставят оператора в зависимое положение (которое в экстремальных ситуациях резко усиливается) от надежности и эффективности работы КСПО. На эту проблему указывают и ряд разработчиков КСПО, представляя ее как проблему ответственности систем поддержки оператора за рекомендации, формулируемые в случаях принятия решения. Но система поддержки оператора "безответственна" по своей сути. В продолжительной разработке подобного уровня систем, на разных этапах их создания принимает участие столь значительное число исполнителей, что можно говорить исключительно о "коллективной" ответственности - т.е., фактически об отсутствии ответственности как таковой. Например, зарубежный опыт использования вычислительных машин в военной, дипломатической, политической и коммерческой сферах характеризуется пагубным влиянием ЭВМ на все процессы, связанные с принятием решения. Политики не только возлагают собственную ответственность за принятие решения на технику, действия которой они не понимают (сохраняя в то же время иллюзию, что они, творцы политики, ставят политические проблемы и находят их решения), одновременно улетучивается и сама ответственность.

Использование самых новейших экспертных систем с развитым аппаратом искусственного интеллекта в медицинской диагностике, в военной сфере, в сфере управления транспортом, сопровождались катастрофическими последствиями. Надежность современных экспертных систем (ЭС) не превышает 90-95%. А это означает, что каждый десятый диагноз может оказаться ошибочным, каждое десятое решение - привести к аварии. Для предотвращения этих ошибок и вводится "нежелательный", но, увы, "необходимый" элемент - человек, который, в отличие от компьютера, обладает творческим мышлением, а также здравым смыслом, позволяющим ему избегать грубых просчетов и ориентироваться в самых непредвиденных ситуациях. (Критически

настроенные специалисты по экспертным системам указывают на неумение ЭС "нарушать" правила, как это делает человек, сравнивая ЭС с "тупыми слугами". Примером может служить медсестра, которую доктор обязал дать больному, страдающему бессонницей, перед сном снотворное. В точно указанное время, медсестра разбудила мирно спящего пациента и заставила его выпить предписанное доктором лекарство...).

Из вышеизложенного следует один важный вывод, на котором необходимо специально остановиться, поскольку он не согласуется с выводами разработчиков КСПО. "Интеллектуальное" использование КСПО поставит человека-оператора в опасную зависимость от его "компьютерного помощника". В случаях отказа в работе КСПО (что допускают и разработчики данных систем), оператор будет не в состоянии как прежде, до использования системы поддержки, управлять энергоблоком (на том же уровне квалификации, надежности и безопасности). Необходимо напомнить, что все функции организма человека (включая и психические), формируются и развиваются под конкретные реальные задачи. Отсутствие этих задач приводит к "сворачиванию", "обеднению", "угасанию" существующих психических процессов, действий, навыков. Данная проблема рассматривается как одна из центральных и экспертами МАГАТЭ, которые предупреждают: экстенсивное использование системы поддержки может сделать оператора зависимым от нее и снизить его способность безошибочно действовать в ситуациях, когда система вышла из строя или дает ошибочную либо неполную информацию. (Доверие, уверенность в КСПО может привести к тому, что получило название "мягкой автоматизации".) Покажем это на примере функций контроля. КСПО призвана предоставлять оператору полную, достаточную и главное, удобную информационную картину функционирования энергоблока и его составляющих систем. В этих условиях оператор начинает все чаще ориентироваться в своих действиях на экран (экраны) КСПО, рассматривая панели БЩУ и другие информационные каналы все более как вспомогательные. При поступлении неверной информации от КСПО, большинство операторов испытают затруднения и совершат ошибочные действия. Информация, поступающая по каналу системы поддержки не просто неопределенная, а дезинформирующая, уводящая оператора по ложному пути при поиске причин рассогласования параметров. Оператор, воспринимая данные от КСПО, руководствуется ими как истинными, при этом ложная информация поступает при твердой психологической установке на доверие к показаниям КСПО (причем, чем выше надежность КСПО, тем выше степень доверия). В первоначальный момент отказа КСПО, оператор действует согласно ложной информации, т.е. ситуация усугубляется активно, а не сама по себе. Продолжительное отсутствие навыка работы с другими каналами информации затруднит свободный переход от одного информационного поля к другому, а установка на доверие к КСПО осложнит оперативный анализ и

принятие решения по всей совокупности информационных полей. Вот почему так высока вероятность ошибочных действий оператора в подобных условиях.

В итоге, при существующих тенденциях развития КСПО произойдет возрастание могущества вычислительной техники, а не человека, который становится бессильным подручным "интеллектуальной" КСПО АЭС. Зададимся вопросом, а не является ли это естественным процессом передачи в компетентность вычислительной техники уже достаточно рутинных и требующих глубокой автоматизации процессов по управлению АЭС, при котором человек постепенно "высвобождается", т.е. выводится за границы управления атомной станцией? Интересен в этом отношении опыт зарубежных специалистов, которые уже давно озабочены этими проблемами.

Идея полной компьютеризации АЭС была представлена канадскими специалистами в области атомной энергии еще в 1988 году в Токио на международной конференции МАГАТЭ по проблемам взаимодействия человека-машины в атомной промышленности. Тогда в Канаде реально рассматривалась возможность использования компьютеров вместо операторов. Надо отметить, что это была единственная ортодоксальная точка зрения на место оператора на АЭС. Основная часть экспертов придерживалась другой позиции, в которой подчеркивалась неизменно высокая роль оператора в управлении АЭС в обозримом будущем. Правда, общий вывод был достаточно парадоксален. Эксперты не обнаружили случаев, в которых операторы спасают ситуацию путем вмешательства при неправильной работе системы управления и предотвращения инцидента. Тем не менее, окончательное решение должно быть сделано человеком. Не следует допускать, чтобы компьютерами выполнялось так много функций оператора, когда он начинает чувствовать пассивность своей роли, а его собственная уверенность в том, как действовать в аварийных ситуациях, была бы нарушена. Изложенные выше нами аргументы хорошо согласуются с первой (констатирующей) частью выводов экспертов, но ставят под сомнение действенность предложенных им рекомендаций в реальных условиях развития КСПО. Объяснение неутешительного для человека-оператора факта кроется в том, что экспансия автоматики и вычислительной техники на АЭС уже реально привела к росту могущества последних, а не человека, роль которого все более приобретает функцию рудимента при компьютерном комплексе. Это доказывается и через возрастание доли ошибок операторов, и через отсутствие случаев активного вмешательства оперативного персонала зарубежных АЭС при неправильной работе систем управления. Последнее является дополнительным обоснованием для сторонников КСПО самых решительных действий по разработке и внедрению в практику управления АЭС современных систем поддержки оператора, предназначенных, по их мнению, обеспечить требуемый уровень безопасности и надежности АЭС. Но ими не учитывается один момент, что подобный характер действий оператора на современных АЭС может являться

следствием, а не причиной технической и "процедурной" экспансии, проводимой в последние годы в зарубежной атомной энергетике.

К сожалению, до сих пор сохраняется иллюзия, и не только в атомной энергетике, что в нестандартных ситуациях оператору следует действовать стандартно, т.е. так, как изложено в инструкциях, в нормативных документах, симптомо-ориентированных процедурах. Хотя очевидно, что число предполагаемых ситуаций имеет границы, поскольку все критические события невозможно представить в принципе. Следовательно, необходимо обучать операторов не умению строго следовать заложенным в инструкциях предписаниям, а формировать активное оперативное мышление, профессионализм, высокую компетентность, которые только и способны компенсировать несовершенство нормативных документов, инструкций, процедур, и обеспечить надежность действий в нестандартных ситуациях. В противном случае, при возрастающей пассивности операторов не остается ничего другого, как создавать все новые и новые процедуры. Постепенно количество процедур достигает таких угрожающих размеров, они становятся настолько сложны в пользовании для операторов, что требуется создание дополнительных средств оптимизации работы с ними. Так, это послужило основанием для разработки фирмой Вестингауз компьютерной системы поддержки операторов, специально предназначенной для детального представления процедур оператору и пошаговому контролю за их выполнением. (Данное направление получает все большее распространение.)

Сторонники процедурного подхода, как и "интеллектуальных" систем поддержки, исходят из "первородного" несовершенства человека. Это значит, что имеет практический смысл основные усилия концентрировать не на человеке-операторе, а на автоматизированных системах, на улучшении процедур, развитии КСПО. При этом они игнорируют результаты исследований непроектных аварий, в которых доказывается, что подобные ситуации (как и общее управление АЭС) требуют от оператора более высоких когнитивных функций, чем те, которые следуют из предписанных процедурами. А это означает, что использование подобных процедур приводит не к развитию мышления оператора, а к его закономерному регрессу. Тем самым, происходит целенаправленное формирование более низкого профессионального уровня, который бы соответствовал уровню использования процедур или, в перспективе, "интеллектуальных" КСПО.

Многочисленные вопросы в области взаимодействия оператора и автоматизированных систем АЭС заставляют западных экспертов вновь и вновь возвращаться к этой теме. В 1990 году в Мюнхене специальный международный симпозиум МАГАТЭ был посвящен проблеме баланса деятельности автоматики и человека. На нем ряд авторов заострили внимание на негативных последствиях от возрастающей автоматизации АЭС. В частности, остается до конца неясным

влияние на безопасность и уровень риска передачи все большего количества задач в сферу влияния автоматики. Важность решения проблемы разграничения задач управления АЭС между человеком и автоматикой для безопасности АЭС отмечалось в выступлениях представителей Голландии, Франции, Норвегии на встрече специалистов МАГАТЭ, на которой рассматривались вопросы использования передовых информационных методов и принципов искусственного интеллекта на БЩУ АЭС (Норвегия, сентябрь 1994 г.). Так, специалисты Франции сформулировали программу ESCRIME, цель которой заключается в определении оптимальной области задач между человеком и автоматизированными системами управления. Нежелательно, подчеркнули они, если функции оператора редуцируются к пошаговому следованию несовершенным процедурам. Автоматика не должна освобождать операторов от функций принятия решений. Ее главная обязанность - обеспечить исключения ситуаций когнитивной перегрузки, которые ведут к росту риска ошибок в оперативных решениях. Уменьшение количества второстепенных задач, требующих ручного контроля и управления, должно быть компенсировано ростом важности и значительности роли оператора при принятии решения.

Неслучайно, что одним из важнейших направлений программы разработки КСПО, представленной на встрече в Норвегии МАГАТЭ, выступило исследование человеческого аспекта последствий от внедрения систем поддержки на АЭС. Вновь и вновь эксперты подчеркивают: КСПО не должны ограничивать возможности использования оператором собственного творческого мышления и знаний при решении проблемных ситуаций. Вновь и вновь они возвращаются к одному вопросу: могут ли КСПО быть спроектированы таким образом, чтобы возможность оператора в ситуациях требующих собственного вмешательства не уменьшалась, а возрастала? Но на этот центральный вопрос ответа пока не существует.

Таким образом, поднимая безопасность АЭС за счет "интеллектуальных" КСПО АЭС, существует реальная вероятность снижения ее за счет падения активности и квалификации оператора, который из "активно-мыслящего" превращается в "пассивно-исполняющего".

Все вышесказанное вновь подводит нас к центральному вопросу: где проходит граница между функциями человека-оператора и автоматизированными системами в управлении АЭС? И самое главное - какой же оператор нам требуется? Четко исполняющий указания компьютера или пункты инструкции, которую также укажет вычислительная машина и проконтролирует ее выполнение, оператор, действующий в жестко ограниченном поле предписаний, стандартов и шаблонов. Либо активно (творчески) мыслящий, самостоятельно принимающий решения, которые могут выходить за рамки жестких предписаний, инструкций, процедур. Выбор того или иного ответа важен и для разработчиков КСПО (чтобы нагрузить систему поддержки соответствующими функциями и вести

целенаправленную перспективную политику в области разработки новых возможностей КСПО), и для администрации АЭС (чтобы планировать работу с оперативным персоналом, четко представлять требования, которым должны отвечать операторы (включая образовательные), видеть цели и задачи анализа аварий и нарушений), и для системы подготовки операторов (готовить оператора "исполняющего" или "думающего").

Наша позиция строится на следующих основаниях. Нет доказательств, что современные проекты атомных станций не содержат ошибок, что разработанные процедуры покрывают весь спектр возможных ситуаций на энергоблоке, что системы контроля и измерения всегда дают точную и адекватную информацию о состоянии станции. Следовательно, управление АЭС требует обязательного участия активного, творчески мыслящего человека-оператора, который бы мог "встать" над автоматизированной системой управления, активно вмешаться в управление АЭС. С этих позиций необходимо четко разграничить уровни задач (на основе критериев безопасности), которые решает человек и системы поддержки, уровни, в которых человек имеет право и обязан активно влиять на процесс управления, и уровни, где такие действия запрещены.

Существуют реальные механизмы, лежащие в организации производства, кадровой политики, обучения, которые позволяют эффективно решать проблемы, связанные с человеком-оператором (эмоциональная устойчивость, монотония операторской деятельности, объем информации и др.), на которые ссылаются разработчики "интеллектуальных" КСПО. Человек обладает огромными резервами, которые необходимо и возможно использовать в практике управления АЭС для повышения ее безопасности и надежности. Но только в том случае, когда мы не только сохраним за оператором его активные функции, но и усилим их.

Выводы:

1. Создание и разработка КСПО должна включать в себя обоснование позиции человека-оператора в общей системе управления АЭС. Требуется специально разграничить области задач человека-оператора и КСПО, дабы сохранить активную роль оператора в управлении. Именно активная позиция оператора имеет реальную перспективу в обеспечении безопасной, надежной и эффективной работы АЭС.

2. Все задачи по управлению АЭС могут быть разбиты на три уровня (по критериям надежности, эффективности и безопасности): уровень задач, не требующих использования КСПО, уровень задач, в которых оператор принимает самостоятельные решения, используя КСПО как информационную поддержку, и уровни задач, в которых главная роль ложится на автоматизированные системы управления. В ситуации аварии или нарушения КСПО может быть передано выполнение элементарных операций по управлению отдельным оборудованием или

подсистемами для высвобождения активности оператора по управлению АЭС в целом и принятию важнейших решений.

3. Сохранение активных функций за оператором базируется на требовании обязательного участия человека в управлении АЭС, а использование оператора как человека, а не аналога "автоматического устройства", подразумевает под собой активную позицию оператора, формирование которой возможно как в процессе обучения, так и на рабочем месте [1]. Сокращение сферы влияния оператора через передачу автоматизированным системам элементарных задач нижнего уровня, должно быть скомпенсировано ростом активности оператора в ситуациях принятия важнейших решений.

4. Для решения проблемы монотонии операторской деятельности мы предлагаем включить в функции КСПО обеспечение профессионального развития операторов через тренаж, самостоятельную подготовку во время смены. Необходимо, чтобы оператор постоянно практиковался и упражнялся для сохранения, а главное, развития своих профессиональных знаний и умений в условиях стабильной работы энергоблока. Тренаж должен включать в себя решение профессиональных задач, ведение эксплуатационных режимов, моделирование и анализ аварийных ситуаций. Для этих целей:

- разрабатывается банк задач по должностям, который постоянно пополняется и оперативно включает в себя последние события;
- создается программа решения задач, которая отражает индивидуальные особенности операторов, а также включает в себя единый по должностям перечень задач на месяц, квартал, год;
- результаты решения задач учитываются при аттестации оперативного персонала, в планировании конкретного содержания периодического, дополнительного обучения в УТП/УТЦ;
- оперативный персонал активно привлекается для разработки задач и пополнения банка.

Данная форма тренажа может использоваться для оперативной подготовки оператора во время смены к плановому пуску или останову энергоблока, к действиям в переходных режимах. (Примером использования экспертной системы для тренажа активного оперативного мышления может служить обучающая система NPPO-TINA, созданная словацкими специалистами.)

5. Указанные разработчиками КСПО недостатки человека-оператора могут и должны быть учтены при создании комплексных систем обучения, ориентированных на постоянное профессиональное развитие оперативного персонала, которые включили бы в себя и КСПО.

6. Необходимо развернуть специальные исследования, которые позволили бы реально оценить те возможные последствия от внедрения КСПО в системы с высокой степенью риска (неопределенности), какой является АЭС, промоделировать наиболее оптимальные формы и области

взаимодействия человека-оператора и автоматизированных систем управления. В противном случае, существует реальная вероятность снижения имеющегося уровня безопасности атомных станций при использовании КСПО.

Литература.

1. Машин В.А. Психологическая проблема эксплуатации АЭС. //Электр. станции. - 1994. - N 3.